Tufts Medical Library

Aus der Medizinischen Tierklinik der Universität München;
Direktor: Professor Dr. Nörr.

Das Elektrokardiogramm der kleinen Laboratoriumstiere.

(Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte u. Maus).

Mit 15 Abbildungen.

Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig Maximilians-Universität zu München
vorgelegt von

Georg Schinzel,
approb. Tierarzt
aus Münchberg (Bayern).

München 1933.

Druck von J. Gotteswinter, München.

Aus der Medizinischen Tierklinik der Universität München;
Direktor: Professor Dr. Nörr.

Das Elektrokardiogramm der kleinen Laboratoriumstiere.

(Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte u. Maus).

Mit 15 Abbildungen.

Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig Maximilians-Universität zu München vorgelegt von

Georg Schinzel,
approb. Tierarzt
aus Münchberg (Bayern).

München 1933.

Druck von J. Gotteswinter, München

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München;
Referent: Professor Dr. Nörr.

Meinen lieben Eltern gewidmet.

Disposition.

Seite

A. Einleitung 5
B. Allgemeine Betrachtung 7
C. Apparate, Elektroden, Ableitungsorte 9
1. Apparate 9
2. Die Elektroden 10
3. Die Ableitungsorte 12
D. Die Elektrokardiogramme 18
1. Der Katze 21
2. Des Kaninchens 26
3. Des Meerschweinchens 29
4. Der Ratte 32
5. Der Maus 34
E. Zusammenfassung 35

Einleitung.

Mehr als zwei Jahrzehnte liegt es nun schon zurück, daß die Elektrokardiographie in die Veterinärmedizin eingeführt worden ist. Im Lauf der Jahre hat sie immer mehr die verdiente Beachtung gefunden und stellt heute in der Veterinärmedizin ein wertvolles Hilfsmittel bei der Kreislaufdiagnostik dar. Cremer und Nörr kommt das Verdienst zu, daß sie uns Tierärzten das Gebiet der Elektrokardiographie zugängig gemacht haben. Von Nörr und unter seiner Leitung sind schon eine Anzahl von elektrokardiographischen Arbeiten entstanden, die sich alle mit der Erforschung der Herzaktionsströme bei unseren Haustieren befaßt haben. So sind das Pferd und das Rind, das Schaf und die Ziege, der Hund und schließlich Huhn und Taube Gegenstand elektrokardiographischer Studien gewesen. Um den Kreis dieser Untersuchungen noch mehr zu schließen, hat mich Herr Professor Dr. Nörr beauftragt, die bisherigen Beobachtungen auch auf Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte und Maus auszudehnen. Nach den Angaben der Literatur sind von den meisten der erwähnten Tiere schon mehrfach Herzstromkurven gewonnen worden. Doch dienten diese Untersuchungen meist physiologischen Zwecken, und sie hatten fast alle das Ziel, die zugrundeliegenden elektrischen Vorgänge zu ergründen. Für die Klinik kommt es aber vielmehr darauf an, bestimmte Beziehungen zu finden zwischen der Form des Elektrokardiogramms und gewissen Affektionen des Herzens [Kraus, Nikolai, Meyer (22) S. 114]. Das Elektrokardiogramm ist nicht der Zweck, sondern das Mittel, sagt Samojloff (33).

Nörr (27) hat ebenfalls die Ansicht, daß physiologische Errungenschaften das Interesse des klinischen Praktikers um so eher wachzurufen pflegen, wenn sie ihm für seine Untersuchungsmethoden oder therapeutischen Maßnahmen als Schrittmacher dienen können. Während sich in früherer Zeit

nur die Physiologie mit Arbeiten über Wahrnehmung und Registrierung der Aktionsströme des Herzens beschäftigte, ist seit der Erfindung des Saitengalvanometers durch Einthoven die Elektrokardiographie mehr und mehr Gemeingut der medizinischen Welt geworden.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, kann ich mir wohl vorstellen, daß uns das Elektrokardiogramm der kleinen Laboratoriumstiere eine weitere Stütze in der Seuchendiagnostik an die Hand gibt. Gerade diese Tiere dienen uns doch zu den diagnostischen Impfungen, und dabei ist es nicht unwichtig, die Tätigkeit des Herzens zu beobachten, denn diese gibt schließlich bei jeder Erkrankung den entscheidenden Ausschlag. Denken wir z. B. an die bösartige Form der Aftenseuche. Meine Arbeit hat sich vorerst allerdings nicht mit pathologischen Zuständen des Herzens zu befassen, sondern meine Aufgabe ist es, die normalen Aktionsströme am Herzen von Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte und Maus zu beobachten und sie als Kurve zu registrieren. Denn um Erkrankungen und Funktionsstörungen am Herzen dieser Tiere herauszufinden und beurteilen zu können, muß erst eine genügende Kenntnis über das normale Bild des Elektrokardiogramms bei den genannten Tieren vorhanden sein, und es muß vor allem die ganze Aufnahmetechnik dabei entsprechende Beachtung finden. Bei meinen Versuchen kam es besonders darauf an, von den Tieren, ohne Narkose und ohne Hilfe von Zwangsmitteln, die jeweils typischen Stromkurvenbilder der einzelnen Tierart zu gewinnen und diese zu beschreiben. Weiterhin sollten dazu die zweckentsprechendsten Elektroden benützt und topographisch-anatomisch die besten Ableitungspunkte herausgefunden werden, um bei späteren Untersuchungen eine gleichmäßige Beurteilung erhaltener Kurven vornehmen zu können. Das Elektrokardiogramm läßt außerdem eine einwandfreie Ermittlung der Minutenschlagzahl bei sehr hoher Frequenz des Herzens zu, wie es bei diesen Tieren der Fall ist [Nörr (29)].

Mir darf es am Anfang meiner Arbeit wohl erspart bleiben, auf eine geschichtliche Entwicklung der Elektrokardiographie näher einzugehen, denn wir finden in einer ausgezeichneten Arbeit von Walper (40) dies alles in vorbildlicher Weise zusammengestellt mit besonderer Berücksichtigung der veterinärmedizinischen Forschungen auf

diesem Gebiet, und ich möchte nur auf diese Arbeit verweisen.

B. Allgemeine Betrachtungen.

Bevor ich zu der Beschreibung meiner Versuche übergehe, will ich hier kurz die Meinungen der maßgebenden Autoren auf elektrokardiographischem Gebiet über die Entstehung und Form des Elektrokardiogramms anführen.

Weber (41) weist darauf hin, daß uns das Experiment lehrt, daß eine erregte Stelle im Muskel sich negativ verhält gegenüber jeder ruhenden. Vom Kerne losgerissene freie Elektronen stellen nach moderner Auffassung die Elementarteilchen der negativen Elektrizität dar. So wird es verständlich, daß kein Bewegungsvorgang denkbar ist ohne Elektrizitätsbildung. Wie jeder arbeitende Muskel, so erzeugt auch das Herz, dieser komplizierteste aller Muskeln, bei seiner Tätigkeit durch ständig wechselnde elektrische Potentialschwankungen dauernd Aktionsströme, welche die leitenden Medien seiner Umgebung durchsetzen, an der Hautoberfläche durch passende Elektroden teilweise aufgefangen und in ein hinreichend empfindliches, elektrisches Meßinstrument geleitet werden können [Nörr (29)]. Er sagt weiter, daß die normale Tätigkeit des Herzens von 2 Faktoren abhängt, nämlich von der Reizbildung und der Reizleitung, sowie von ihrer qualitativ und quantitativ geordneten Funktion.

Einthoven (9) sieht die Kontraktion als die Folge der Erregung an. In der Regel werden Erregung, Negativität und Kontraktion so innig zusammenhängen, daß, wenn der Weg der negativ-elektrischen Welle durch den Herzmuskel bekannt ist, zugleich der Weg angegeben ist, den die Erregung und die Kontraktionswelle nehmen.

Hoffmann (13) nimmt nach Hermann's Vorgang an, daß alle elektrischen Wirkungen lebender Gewebe auf chemische Veränderungen der Substanz zurückzuführen sind (Alterationstheorie). Auch Hering tritt dafür ein. Hoffmann glaubt, daß es sich beim Elektrokardiogramm nicht nur um den Ausdruck der Bewegung des Herzens handelt. Er spricht sich für eine Trennung der elektrischen Kurve in 2 Abschnitte aus: Erregungswelle und Kontraktionswelle. Die Reizwelle ist von der Kontraktion unabhängig. Die Kontraktionswelle

setzt nach Ablauf der ersteren ein und nur ein Teil der letzteren tritt als eigentliche Welle bei F (T) auf.

F. Kraus (22), G. F. Nikolai und F. Meyer sehen im Elektrokardiogramm eine außerordentliche, komplexe Größe, welche von mehreren Faktoren abhängt, denn: 1. ist es sicherlich bedingt durch den Erregungsweg, 2. ist es sicherlich bedingt durch einen zugrundeliegenden Aktionsstrom des Elementarelementes, 3. ist es weiterhin nicht ohne weiteres auszuschließen, daß neben dem Leitungsvorgang und dem Elementarstrom auch noch die verschieden lang dauernde Kontraktion an einzelnen Herzstellen eine Rolle spielt.

Weiterhin führt Straub (34) dazu aus, daß der Ort der Ableitung, die Beschaffenheit der stromleitenden Wege, insbesondere die Beschaffenheit der Haut, die Art und Anbringung der Elektroden, Stromschleifen innerhalb des Körpers, die Saitenspannung die Form des Elektrokardiogramms in erheblichem Grade beeinflussen. Selbst wenn man durch konstante Wahl der gnannten Versuchsbedingungen eine konstante Form des Elektrokardiogramms erhält, kann man deshalb a priori nicht erwarten, damit ein getreues Abbild des elektrischen Geschehens im schlagenden Herzen zu bekommen.

Es geht auch aus den Arbeiten von E. Boden und P. Neukirch (2) hervor, daß die Form und Größe der Stromkurve des schlagenden Herzens keine absolute ist. Sie unterliegt vielmehr dem Einfluß verschiedener Faktoren. Bei indirekter Ableitung von der Körperoberfläche kommt die Herzstromkurve verändert und gleichsam abgerundet im Galvanometer zum Ausdruck. Ferner sind bekanntlich die Lage des Herzens im Brustraum und die Wahl der Ableitungspunkte für die Stromkurvenform bestimmend.

Kahn (20) findet, daß Veränderungen in der Spitzenhöhe der Kurve in dreierlei Weise zustandekommen: 1. durch Änderung des elektrischen Widerstandes der Gewebe, 2. durch Änderung der vom Herzen ausgehenden elektromotorischen Kräfte und 3. durch Änderung der Ableitungsverhältnisse bei Lageveränderung am Herzen. Kahn (14) macht auch darauf aufmerksam, daß die wahren Werte der vom Herzen bei seiner Tätigkeit erzeugten elektromotorischen Kräfte, deren genaue Feststellung gewiß von Interesse wäre, aus dem

Elektrokardiogramm schon deshalb nicht erhoben werden können, weil es sich ja hier um Ableitung von der Körperoberfläche handelt. Er kommt zu der Feststellung, daß trotz des recht großen bisher gesammelten Tatsachenmaterials die Anschauungen über die Genese des Elektrokardiogramms, über die Bedeutung seiner Einzelheiten und über die wesentlichen Beziehungen derselben zum tätigen Herzen an Sicherheit sehr zu wünschen übrig lassen.

Auf alle Fälle kann man sich an einen Satz von Einthoven (9) klammern, welcher aussagt, daß die Kurve in jedem Augenblick die algebraische Summe aller Potentialunterschiede vorstellen muß, die in demselben Augenblicke zwischen den verschiedenen Teilen des Herzens vorhanden sind.

C. Apparate, Elektroden, Ableitungsorte.

1. Apparate:

Erst im Jahre 1903, in welchem Einthoven (10) die Konstruktion seines Saitengalvanometers veröffentlichte, begann die wirkliche Erforschung der Herzaktionsströme. Mit diesem gelang es zum ersten Male, eine praktisch brauchbare Kurve als Ausdruck der Herzaktionsströme zu erhalten. Schon früher war es Waller (1887) gelungen, die auftretenden elektrischen Schwankungen bei jedem Herzschlag zu beobachten und aufzuzeichnen. Er verwandte dazu das Lippmannsche Kapillarelektrometer. Noch vor Waller, schon um das Jahr 1856, waren den Forschern A. Kölliker und M. Müller die rhythmischen Stromesschwankungen des Froschherzens bereits bekannt.

Von den heutigen Apparaten sind besonders zu erwähnen das Spulengalvanometer von Siemens und Halske, ausgestattet mit einer feinen Drahtspule, die beim Durchtritt des Herzaktionsstromes mit diesem synchrone Drehschwingungen vollführt. Zu meinen Untersuchungen diente ein Einthovensches Saitengalvanometer, gebaut von der Firma Prof. Edelmann und Sohn (7), München. Der Leitungsweg besteht aus einem dünnen, versilberten Quarzfaden (0,001 mm), welcher sich in einem erregten, elektromagnetischen Feld befindet. Das Prinzip des Galvanometers ist kurz dahin zu erklären, daß dieser dünne Leiter, von Strom durchflossen, in dem Magnetfeld senkrecht zur Kraftlinienrichtung situiert, aus-

biegt. Diese Ausschläge werden auf einem rollenden Filmstreifen photographisch festgehalten.

Das ganze Instrumentarium besteht aus folgenden Teilen:

I. Das Saitengalvanometer
II. Die Bogenlampe nebst Zubehör
III. Die Elektroden
IV. Schaltkomplex zur Bestimmung der Empfindlichkeit des Galvanometers und zur Kondensation des „Nulistromes"
V. Der photographische Registrierapparat.

2. Die Elektroden:

Sehr zahlreich sind in der Literatur die Angaben über die Form und die Anwendung der bisherigen Elektroden vorhanden. Zur Ableitung von Elektrokardiogrammen werden von Weber (41) Elektroden aus Feinsilberblech für die humanmedizinische Klinik empfohlen. Dressler (6) benützt diese ebenfalls.

Für die schwieriger zu behandelnden Tiere haben sich die Nadelelektroden für veterinärmedizinische Zwecke am besten bewährt. Dressler bemerkt darüber, daß der Vorteil der Nadelelektroden darin liegt, daß der von der Rumpfmuskulatur ausgehende Muskelstrom ausgeschaltet wird, weshalb viel ruhigere Kurvenbilder erhalten werden. Weiterhin wird auch der Hautwiderstand umgangen.

Robinson und Auer (31) wendeten bei Hunden Nadelelektroden an und hatten gute Ergebnisse. Sodann gelang es Straub (35) mit Hilfe von Nadelelektroden scharfe Elektrokardiogramme zu gewinnen, indem er subkutan ableitete. Auch Verney (38) stellte darüber Versuche an. Mosler und Sachs (26) kamen zu dem Schluß, daß die Anwendung der Nadelelektroden bei Tieren die beste Methode ist. Von Böttcher und Straub (3) wurden ebenfalls derartige Untersuchungen angestellt mit dem Ergebnis, daß die Elektrokardiogramme, abgeleitet mit Nadelelektroden, deutlichere Kurven zeigen, als die mit Bindenelektroden aufgenommenen. 1913 führte Nörr (27) Metallelektroden für veterinärmedizinische Zwecke ein und verwandte sie bei großen Haustieren. Nach Walper (40) benützten Pächtner, Krüger und Thur im Jahre 1927 als erste in der Veterinärmedizin Nadelelektroden nach Trendelenburg bei ihren Ver-

suchen zur Ableitung von Muskelaktionsströmen. Lautenschlager (23) fand bei seinen vergleichenden Untersuchungen über Platten- und Nadelelektroden heraus, daß die Nadelelektroden sowohl hinsichtlich ihrer Handhabung als auch in Bezug auf die damit erzielten Elektrokardiogramme zur Ableitung bei großen Haustieren den anderen vorzuziehen sind. Ebenso haben Haupt (12), Konradt (21) und Strohmaier (37) auf Veranlassung Nörrs mit Nadelelektroden gearbeitet und sie kamen zu demselben Resultat wie Lautenschlager. In der Arbeit von Walper (40) werden diese Befunde nochmals bestätigt, und er hebt hervor, daß das Einstechen der Nadeln den Versuchstieren keine Unannehmlichkeiten bereitet. —

Im Anschluß an die erwähnten Arbeiten und hinsichtlich ihrer Ergebnisse bei Anwendung von Nadelelektroden war mir der Weg, den ich einzuschlagen hatte, genügend vorgezeichnet. Zu meinen Versuchen benützte ich ausschließlich einfache Injektionskanülen, deren Größe und Länge ich je nach den einzelnen Tierarten abstufte. Metallelektroden oder Wannenableitung kommen bei diesen kleinen Tieren von vorneherein in Wegfall. Die allzu große Beweglichkeit und die Kleinheit der Laboratoriumstiere macht eine Anwendung solcher Elektroden zu umständlich und mühevoll. Meine Befürchtung, daß sich diese Tiere ohne Narkose gegen den Einstich der Nadeln sehr empfindlich zeigen würden, traf nicht im mindesten zu. Bei einem kurzen und raschen Einstich zeigten die Versuchstiere keinerlei Reaktion. Allerdings ist zu den Aufnahmen immer eine Hilfsperson nötig, welche die Tiere hält. Die Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen, jeweils auf ein Versuchstischchen gebracht, das ich zur besseren Beobachtung der Tiere ganz nahe am Apparat aufstellte, wurden von einem Diener gehalten. Die Aufnahmen konnten ohne jede Aufregung der Tiere vorgenommen werden. Die Ratten wurden mit Hilfe einer Zange aus dem Käfig geholt. Von einem Diener wurden sie dann mit der erwähnten Zange, welche gerade um den Hals paßte, vorne und mit der anderen Hand am Schwanz festgehalten. Nachdem sich diese Tiere genügend beruhigt hatten, konnten ohne weitere Schwierigkeiten die Herzstromkurven gewonnen werden. Die Mäuse ließ ich mit einer Pinzette am Hals und am Schwanz festhalten. Sie erwiesen sich anfangs immer

sehr unruhig. Doch nach einiger Zeit ließen sich auch von ihnen, bei Anwendung feinster Kanülen, Elektrokardiogramme gewinnen. Um das Gewicht der Ableitungsdrähte möglichst zu vermindern und ein Herausgleiten der Nadeln zu verhüten, habe ich die Ableitungsdrähte mit einer Klammer am Versuchstisch befestigt. Die Kanülen wurden nach jedesmaligem Gebrauch zur Desinfektion in Alkohol aufbewahrt.

3. Die Ableitungsorte.

Als klinische Methode kommt nur die indirekte Ableitung der Herzaktionsströme von der Körperoberfläche in Frage. Über die verschiedenen Arten der indirekten Ableitung sind von den Autoren recht zahlreiche Angaben vorhanden. So gibt Einthoven (8) drei Ableitungen an:

I. Ableitung: rechter Arm — linker Arm
II. „ rechter Arm — linkes Bein
III. „ linker Arm — linkes Bein

Er benützte diese Ableitungen beim Menschen und entsprechend auch beim Hund, wie es viele andere Forscher nach ihm ebenfalls taten. Bei Hunden hat Kahn (19) von der Spitze des Sternums und von der Mitte der Bauchwand abgeleitet. Ebenso sind bei Rothberger, Winterberg, Robinson und Auer derartige Versuche beschrieben. In der Veterinärmedizin hat Nörr (28) als Erster von Vorder- und Unterbrust abgeleitet, ebenso wandte er auch die Ableitungen vom rechten Vorder- und linken Hinterbein an. Kahn (17) gibt als Ableitungspunkte für das Pferde-Elektrokardiogramm die rechte Schulter und die Mitte der Unterbrust an, so daß er von solchen Stellen ableitet, an denen die Körperoberfläche von der Herzachse getroffen wird. Lautenschlager (23), Haupt (12) und Strohmaier (37), die als meine Vorgänger unter Nörr Untersuchungen über die Bestimmung von Ableitungsstellen durchführten, kamen alle zu übereinstimmenden Ergebnissen. Sie haben diese Stellen genau anatomisch festgelegt, die ihnen die besten Stromkurvenbilder lieferten. Es waren stets diejenigen zwei Punkte der Körperoberfläche, an welchen eine durch das Herz gelegte Längsachse die Körperoberfläche schneidet. Walper (40) fand den optimalen Ableitungsort für das Herzbasispotential auf der Mitte des Nackens und für das

Spitzenpotential die regio apicis. Dies sind ebenfalls Punkte, welche auf der Verlängerung der anatomischen Herzachse liegen.

Schon früher hat K a h n (15) darauf hingewiesen, daß sich die Wahl der Ableitungspunkte nach den Lageverhältnissen des Herzens zu richten hat und er erwartet deshalb von den Extremitäten von vorneherein keine günstigen Ableitungsverhältnisse. K a h n (14) führt in einer seiner Arbeiten ebenfalls an, daß die ableitbaren Potentialdifferenzen am größten sind, wenn die Ableitungspunkte so gewählt werden, daß sie möglichst jenen Punkten entsprechen, welche die Enden der Längsachsen des Organes darstellen, wenn sie also an der Basis bzw. an der Spitze des Herzens liegen. Auch W e b e r (41) schreibt, daß die Größe des Galvanometerausschlages wesentlich abhängt von der Lage der beiden Ableitungspunkte zum Reizort. Gleichzeitig gibt er zu bedenken, daß wir von einem körperlichen Gebilde, wie es das Herz darstellt, nur den Anteil der im Körper erregten Spannung ableiten, der sich auf die abgeleitete Fläche projiziert. Aus Richtung und Größe der resultierenden Spannung kann man nur den Schwerpunkt der Erregung erkennen, nicht aber Lage und Zahl der Gebiete, die die Lage dieses Schwerpunktes bestimmen. Um den Typus des Elektrokardiogramms festzulegen, bedarf man zunächst ganz bestimmter Ableitungsstellen am Körper. Wird die Lage der Ableitungspunkte zum Herzen auf der Körperoberfläche an jedem Individuum immer wieder in der gleichen Weise gewählt, so findet selbst keinerlei Beeinträchtigung des Elektrokardiogramms statt. Bei solchem Vorgehen hat es sich herausgestellt, daß am Menschen und an bisher allen untersuchten Tieren eine bestimmte Form des Eelektrokardiogramms bei bestimmter Ableitungsweise erzielt wird [K a h n (16)].

Vor der Beschreibung der Versuche zur Bestimmung der anatomischen Herzachse bei den kleinen Laboratoriumstieren sollen hier kurz die anatomischen Verhältnisse bei diesen Tieren Erwähnung finden, um damit Vergleichspunkte an der Hand zu haben. Bei M a r t i n (25) finden wir folgendes niedergelegt:

Bei der Katze reicht die Herzbasis vom 3. Interkostalraum bis zur 7. Rippe. Die Spitze liegt je nach dem Atmungs-

zustand des Zwerchfelles in der Höhe des 6., 7., 8. Rippenknorpels, links von der Medianebene und etwas vom Brustbein entfernt. Sie stößt kaudal (durch den Herzbeutel geschieden) an das Zwerchfell. Das Herz im ganzen ist etwas nach links verschoben, am meisten die Spitze. Die beiden Seitenflächen liegen mit ihren Ventralabschnitten der Brustwand an, die linke in größerem Umfange als die rechte und zwar von der 3. oder 4. Rippe bis zum 6. oder 7. Interkostalraum, während die rechte Fläche die Brustwand nur in Höhe der 5. Rippe berührt. Die Kammerscheidewand verläuft in annähernd sagittaler Richtung schief ventrokaudal.

Der sehr dünne Herzbeutel ist beim Kaninchen in breiter Fläche mit der ventralen Brustwand verwachsen. Die Herzspitze liegt etwa 1 cm links vom Brustbein im 3. Zwischenrippenraum, wo der Herzstoß fühlbar ist. Das weit kranial gelegene Herz wird begrenzt ventral vom Brustbein und den Rippenknorpeln bzw. Brustwandungen, kaudal vom Zwerchfell, dem es dicht anliegt, dorsal von der Luftröhre, dem Schlund und den großen Gefäßstämmen, lateral von den Lungen, jedoch liegt links das Herz mit dem kranialen Drittel der Brustwand an, da der Spitzenlappen klein ist. Nach Lootz (24) findet sich das Kaninchenherz zwischen den beiden Lungenflügeln vom kaudalen Rand der 1. Rippe bis zum kaudalen Rand des 3. Rippenknorpels. Die Lage des Herzens ist beim Kaninchen mehr liegend.

Über das Meerschweinchen schreibt Martin weiter, daß die Herzspitze 1 cm links von der Mittelebene, etwa fingerbreit kranial vom Processus xiphoideus liegt.

Bei Ratte und Maus ist die Herzspitze dicht links neben dem Brustbein im 4. Zwischenrippenraum gelegen. Über die Herzbasis konnte ich leider nichts näheres finden.

Zur Bestimmung der Herzachse ging ich von denselben Gesichtspunkten aus wie Haupt (12) und Konradt (21). Ersterer hängte einen narkotisierten Hund in möglichst naturgetreuer, stehender Körperhaltung auf, tötete das Tier, um mit Hilfe einer Stahlnadel die Herzachse zu bestimmen. Letzterer stellte Gefrierpräparate von Huhn und Taube zu diesem Zweck her. Da aber bei der Methode von Haupt zu leicht ein Verschieben des Herzens möglich ist, und da Gefrierpräparate von ganzen Tieren nur im Winter zu machen sind und mir im Sommer auf künstliche Weise zu kostspielig er-

schienen, versuchte ich eine weitere Art zur Fixation des Herzens. Um das Herz mit seinen großen Gefäßen in ein möglichst starres System zu verwandeln, nahm ich Injektionen von Gipsbrei in die Blutbahn vor, eine Methode, die ja auch zur Herstellung von anatomischen Präparaten dient.

Eine Katze wurde mit Chloroform getötet und in aufrechter Stellung an einem Seziertisch befestigt. Durch die Carotiden wurde das Tier entblutet, hierauf die Luftröhre freipräpariert und isoliert. Nachdem sie kranial abgebunden war, wurde die Lunge mit Hilfe von Luftpumpe und Injektionsnadel aufgepumpt. Um ein Rückströmen der Luft zu verhindern, wurde die Trachea vor der Kanüle nochmals unterbunden. Durch diesen Füllungszustand der Lunge soll das Herz in möglichst normaler Lage erhalten werden. Hierauf injizierte ich in die Carotiden und von der Bauchhöhle her in die Aorta abdominalis den Gipsbrei. Nach einiger Zeit wurde der Thorax linksseitig in Höhe der Rippenwinkel und im 7. Interkostalraum eröffnet und schließlich die linke Brustwand vorsichtig heruntergeklappt. Nachdem der linke Spitzen- und der Hauptlappen etwas beiseite geschoben waren, konnte man das Herz mit seinen Gefäßstämmen ziemlich prall gefüllt sehen. Das Herz wurde hierauf mit einer dünnen, langen Stahlnadel in Richtung seiner Achse durchbohrt, bis die Nadel auch auf der rechten Körperseite zum Vorschein kam. Die linke Brustwand wurde wieder hochgeklappt, nachdem auch hier die Nadel durchgestoßen war. Die Öffnungen wurden vernäht und das Tier photographiert (Abb. 1). Zur besseren Sichtbarmachung der Stahlnadel wurde über diese ein dunkler Federkiel gesteckt.

Die Austrittsstelle der Nadel befand sich links im 7. Interkostalraum (Herzspitzenpotential), etwa 1 cm vom Brustbein entfernt.

Auf der rechten Seite trat die Nadel 1½ cm unterhalb des dorsalen Schulterblattrandes, unmittelbar vor demselben zutage (Abb. 2).

Bei einem zweiten Versuch ließ ich eine Katze elektrisch töten, enthäuten und entbluten. Das Tier wurde ebenfalls aufrecht am Sektionstisch befestigt, die Lunge aufgepumpt. Diesmal wurde aber die Gipsinjektion direkt in die Aorta thoracica und in den Truncus brachiocephalicus vorgenommen, nachdem der Thorax an den Rippenwinkeln vorsichtig

soweit eröffnet wurde, daß eine Injektion möglich war, weil bei den entbluteten Tieren die Carotiden oft schwerer zu finden sind, was noch mehr beim Kaninchen, Meerschwein-

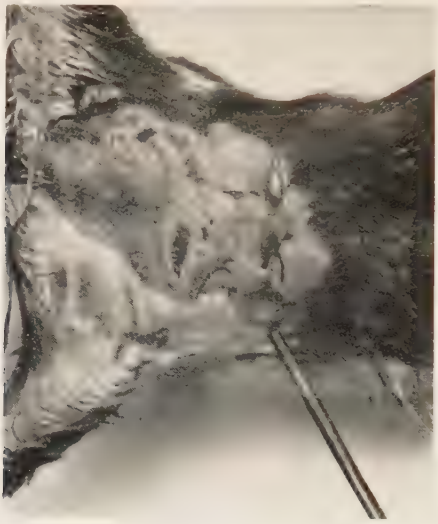

Abb. 1.

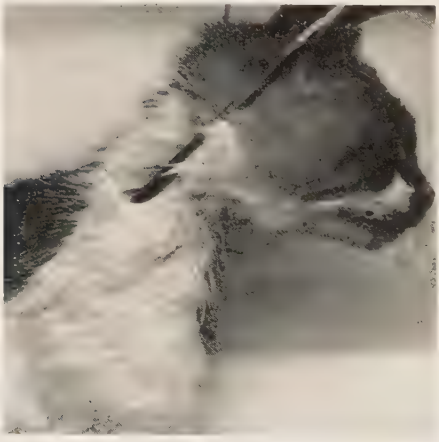

Abb. 2.

chen, bei der Ratte und Maus zutrifft. Zudem füllt sich das Herz viel besser mit Gipsbrei an. Nachdem wieder einige Zeit verflossen war, fensterte ich diesmal die linke Thorax-

wand, legte das Herz vorsichtig frei, ohne es zu verschieben. Wiederum wurde die Nadel in Richtung der anatomischen Achse durch das Herz gestochen, bis sie auf der rechten Körperseite wieder erschien.

Als Austrittsstellen fand ich dieselben wie beim ersten Versuch. Links 7. Interkostalraum 1 cm vom Brustbein (Abb. 3), rechts direkt vor dem vorderen Schulterblattrand, 1½ cm unterhalb dessen dorsalem Ende (Abb. 4).

Nachdem ich bei der Katze zu übereinstimmenden Ergebnissen gekommen war, die sich auch mit den anatomischen Verhältnissen decken, machte ich diese Herzachsenbestimmung auch bei den anderen Tieren. Dabei konnte ich folgende Ableitungsstellen finden:

Kaninchen, links: 5. Interkostalraum, 1 cm über dem Brustbein; rechts: dicht vor dem Schulterblatt, 1½ cm vom oberen Rand entfernt.

Meerschweinchen, links: 3. Interkostalraum, 1 cm über dem Brustbein; rechts: am vorderen Schulterblattrand, 1 cm unter dem dorsalen Rand.

Ratte, links: im 4. Interkostalraum, 0,75 cm vom Brustbein entfernt; rechts: vor dem Schulterblatt, ½ cm vom oberen Rand entfernt.

Maus, links: im 3. Interkostalraum, 0,5 cm über dem Brustbein (Abb. 5); rechts: direkt vor dem Schultergelenk (Abb. 6).

Alle diese Versuche wurden jeweils nach deren Beendigung photographiert, und als Beispiel für ein kleines Tier gebe ich das Bild der Maus wieder.

Diese gefundenen Punkte benützte ich nun bei allen Ableitungen und erzielte damit immer die deutlichsten Ausschläge der Saite. Um bei den Aufnahmen der Elektrokardiogramme stets die optimale Ableitung einzuhalten, beobachtete ich genau die Ausschläge der Saite auf der Skala des Registrierapparates und gewann auf diese Weise nur Kurvenbilder, welche die größte J-Zacke und gute Ausprägung der übrigen Zacken zeigten. Rückte ich versuchsweise von den festgelegten Ableitungspunkten ab, so verminderte sich stets die Höhe der Zacken der Stromkurve. Neue Zacken traten dabei nicht auf.

Abb. 3.

Abb. 4.

D. Die einzelnen Elektrokardiogramme.

Die kurvenmäßige Darstellung des Herzaktionsstromes bezeichnet man als Elektrokardiogramm [Dressler (6)]. Der Nachweis, daß diese Ströme wirklich vom Herzen stam-

men, ist beim Tier leicht zu erbringen, indem man die Elektroden unmittelbar auf die Oberfläche des freigelegten Herzens auflegt und zum Galvanometer ableitet. Es gelten zurzeit nach Kraus, Nikolai, Meyer (22) vier Anschau-

Abb. 5.

Abb. 6.

ungen über die Entstehungsursache des Elektrokardiogramms. Es kann sein der Ausdruck:

1. der Systole und Diastole des Herzens resp. der Dissimilation und der Assimilation;

2. der an der Basis länger als an der Spitze andauernden Negativität;
3. des Kontraktionsablaufes im Herzen;
4. der besonderen Form der Muskelschwankung der Herzmuskulatur.

Nörr (28, 30) sieht im Reizleitungssystem den ausschlaggebenden Faktor für die Entstehung des Elektrokardiogramms, und er sagt, daß die Herzstromkurve abhängig ist von dem Weg, den die Erregung zwischen ihrem Bildungsort, dem Sinusknoten und der Herzspitze zurücklegt. Nach ihm (28) sind für die Beschreibung des Kurvenbildes am wichtigsten:

1. die gegenseitigen Größenverhältnisse der einzelnen Zacken,
2. das Auftreten neuer Zacken,
3. die Koordination der Zackengruppen.

Nach den bisherigen Erfahrungen besteht das Elektrokardiogramm bei Mensch und Tier im wesentlichen aus 3 Zacken. Auch bei den Stromkurvenbildern meiner Versuche fand ich diese Tatsache immer bestätigt. Zur Benennung der einzelnen Zacken bediente ich mich, ebenso wie Lautenschlager, Haupt, Konradt, Strohmaier und Walper, der von Nörr in die veterinärmedizinische Literatur eingeführten Nomenklatur nach Kraus und Nikolai. Darnach unterscheidet man die Atrium (A)-, die Initial (J)- und die Final-Zacke F, bzw. Zackengruppe, wobei die Q- und S-Zacke von Einthoven der Ja- und Jp-Zacke entspricht. Durch Indices werden also die zur J-Gruppe gehörigen Zacken bezeichnet, und sie sind damit als Begleiterscheinungen charakterisiert. Dies war schon die alte Waller'sche Bezeichnung, die von Bayliss und Sterling wieder zu Ehren gebracht und von Kraus und Nikolai in die Humanmedizin aufs neue eingeführt wurde. —

Die drei konstanten Zacken (A, J, F) können zu bestimmten Phasen der Herztätigkeit in Beziehung gesetzt werden. Es entspricht:

A der Atriumkontraktion

J und F der Ventrikelkontraktion, wobei J den Anfang und F das Ende der Ventrikelkontraktion darstellt.

Zum Ausmessen der Kurven habe ich ebenso wie Nörr, Lautenschlager und Walper die Herzpause F—A als isoelektrische Linie angenommen.

1. Das Elektrokardiogramm der Katze.

Die Herzaktionsströme der Katze hat als Erster Waller (39) abgeleitet. Ferner gelang es Hoffmann (13) durch direkte Ableitung bei der Katze die Zacke A isoliert darzustellen. Samojloff (33) schildert es als etwas ganz gewöhnliches, daß man bei der Katze bei Ableitung II einmal die Zacke F nach oben, ein anderes Mal nach unten gerichtet findet. Weiter gibt er an, daß bei der Katze die Aktion des Vorhofes im Verhältnis zu der des Ventrikels ziemlich groß ist. Von Straub (36) wurde die Wirkung verschiedener Arzneimittel auf das Katzenherz studiert, wobei die Tiere in tiefer Narkose lagen. Abgeleitet wurde vom rechten Vorder- und linken Hinterbein und zwar mit biegsamen Platten aus Zinkblech. Das normale Elektrokardiogramm der Versuchstiere gleicht nach seiner Beschreibung in hohem Grad dem menschlichen. Die Zacken A, J, F sind meist gut und typisch ausgeprägt. Er weist darauf hin, daß bei Katzen durchaus nicht in allen Fällen die „normale Form" des Elektrokardiogramms erhalten wird. Ebenso wie beim Menschen wird manchmal ein atypisches Elektrokardiogramm gefunden. Bei den Versuchstieren sieht man häufig Abweichungen von der Norm, für die ein Grund nicht erkennbar ist. Namentlich beobachtet man nicht selten eine entgegengesetzt gerichtete Ventrikelzacke, aber auch an den übrigen Zacken, besonders der Finalschwankung, sind kleinere Abweichungen durchaus nicht selten. Auf den Versuch der Erklärung dieser Tatsachen wird man vorläufig verzichten müssen. Kahn (14) sagt, die Form des Elektrokardiogramms ist unter physiologischen Verhältnissen unter allen Umständen typisch. Indessen unterscheiden sich die unter verschiedenen Umständen gewonnenen Elektrokardiogramme sehr erheblich von einander bezüglich vieler Details, wenn auch der Typus des Aufbaues stets gewahrt bleibt.

So konnte auch ich bei meinen Versuchen mit der beschriebenen Ableitung für jede Art der zu untersuchenden Tiere eine „normale Form" des Elektrokardiogramms herausfinden. Dafür sah ich diejenigen Stromkurvenbilder an, die am häufigsten wiederkehrten und deren Zacken am deutlichsten ausgeprägt waren. Diese Versuche wurden an 18 Tieren vorgenommen. Der Filmstreifen lief mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 50 mm/sec., so daß

1 mm auf der Abszisse = 0,02 sec.
2 mm auf der Ordinate = 0,1 Millivolt ist.

Diese Empfindlichkeit der Saite wird hergestellt, indem man die Spannung der Saite solange verändert, bis 2 mm Ausschlag 0,0001 Volt entspricht. Diese Empfindlichkeit wurde bei allen Versuchen beibehalten.

Abb 7.
Normales Elektrokardiogramm der Katze.
Geschwindigkeit 48 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Charakteristisch für das Stromkurvenbild der Katze sind die 3 positiven Zacken A, J, F, worin es sehr dem menschlichen Elektrokardiogramm ähnelt. Nur in etwa 25 % der Fälle konnte ich eine negative F-Zacke beobachten, deren Höhe dann weit hinter der positiven Schwankung zurückblieb. Die durchschnittliche Herzfrequenz bei Katzen beträgt nach den erhaltenen Kurvenbildern 130—180.

Eine Herzperiode benötigte zu ihrem Ablauf eine Strecke von 19 mm im Durchschnitt und demnach beträgt ihre Dauer

$$19 \times 0{,}02 = 0{,}38 \text{ sec.}$$

Ebenso wie W a l p e r (40) habe ich die Dauer einer Herzperiode aus dem Intervall vom Gipfel einer A-Zacke bis zum Gipfel der nächstfolgenden gemessen. Wenn man bedenkt, daß die einzelnen Zacken und Strecken im Elektrokardiogramm oft nicht scharf voneinander abgegrenzt sind, so kann man doch mit mehr Sicherheit annehmen, daß die durch Messen der Gipfelintervalle gefundenen Schwankungen die genaueren Werte darstellen. —

Die kleine, positive A-Zacke ist immer eingipflig und monophasisch. Ihr aufsteigender Schenkel, welcher einen Winkel von 55°—60° bildet, ist immer kürzer als der absteigende mit einem Winkel von 65°—70°. Ihre Höhe (2—3 mm) entspricht 0,1—0,15 Millivolt. Der zeitliche Ver-

lauf der A-Zacke bemißt sich auf 1,5—2 mm = 0,03—0,04 sec. Über die Ursache der Atriumschwankung läßt sich folgendes sagen. Nach Einthoven (8) findet der Reiz, dessen Ursprung in den großen Venen liegen kann, seinen Ausdruck in der Spitze A. Ferner haben Rothberger und Winterberg (32) herausgefunden, daß ein positives A auf den rechten Vorhof als Ausgangspunkt der Herzbewegung hinweise.

Auf die A-Zacke folgt eine mehr oder weniger horizontale Strecke A—J, welche meist mit der isoelektrischen Linie zusammenfällt. Die Messungen dieser Strecke ergaben 2—2,5 mm = 0,04—0,05 sec. Einthoven (8) deutet diese Strecke so, daß Vorkammer und Kammer dabei in Ruhe sind. Nach Kahns (20) Untersuchungen entsteht die Pause zwischen Vorkammerzacke und Kammerzacke dadurch, daß die fortschreitende Erregungswelle zu schwach ist, um einen Ausschlag der Saite zu erzielen, und er beschreibt die Pause zwischen A und J als den Vorgang der Erregungsleitung im Hiss'schen Bündel.

Die Zeit vom Beginne der Vorhofschwankung A bis zum Beginne der Kammerinitialschwankung J macht zusammen die Überleitungszeit (As—Vs) aus. Sie beansprucht bei der Katze eine Zeit von 0,07—0,09 sec.

Nach Ablauf von A—J setzt die Ventrikelinitialgruppe (Ja, J, Jp) ein. Nur manchmal ist eine winzige Ja-Zacke angedeutet, der ich wegen ihrer Kleinheit keinerlei Bedeutung für das Katzenelektrokardiogramm zumesse. Viel wichtiger ist die scharfe, stets aufwärts gerichtete Zacke J, von welcher die Strecke A—J jäh unterbrochen wird. Nach Erreichung ihres Maximums sinkt die J-Zacke nahezu ebenso rapid wieder ab, als sie angestiegen war. Sie erweist sich immer als eingipflig und der aufsteigende Schenkel der Initialschwankung ist ebenfalls kürzer als der absteigende. Ersterer zeigt einen Winkel von 85°—87°, während letzterer einen solchen von 78°—84° mit der Null-Linie einschließt. Der absteigende, längere Schenkel geht über die isoelektrische Linie hinab ins Negative, so daß dadurch eine negative Jp-Zacke entsteht. Die Höhe der J-Zacke beträgt 6—9,5 mm = 0,3—0,47 Millivolt. Ihre Dauer wurde mit 1,0—1,8 mm = 0,02—0,036 sec. festgestellt.

Nach der Ansicht Webers (41) wird J bedingt durch die Erregung des spezifischen Systems von den Papillarmuskeln nach der Basis zu. Ebenso hält Kahn (19) die Ventrikelzacke für den Ausdruck der Fortpflanzung der Erregung durch das Papillarsystem des Herzens und meint, daß sie völlig abgelaufen ist, wenn die Austreibungszeit des Ventrikels beginnt. Nach Einthoven (9) gibt J den Reiz zur rechten Kammer und zur Herzbasis. Bei seinen Versuchen an Katzen- und Kaninchenherzen weist Straub (36) darauf hin, daß die J-Zacke meist nicht so hoch ist wie bei anderen Tieren und beim Menschen. Es mag dies mit der hohen Frequenz des Herzschlages zusammenhängen, wenigstens kennen wir Beobachtungen am isolierten Froschherzen, die ersehen lassen, daß mit Wachsen der Frequenz die Höhe der Ventrikelzacke abnimmt. Nicht selten beobachtet er ferner eine entgegengesetzt gerichtete Ventrikelzacke, was ich jedoch bei keiner Kurve auftreten sah.

Der kleinen, negativen Jp-Zacke, welche zur Ventrikelgruppe gehört, kommt eine Spannung von 0,5—2 mm = 0,1—0,4 Millivolt zu und sie läuft ab innerhalb von 1,5 bis 2 mm = 0,03—0,04 sec. Die Winkel ihrer Schenkel festzustellen ist oft sehr schwer, und die Messungen für den absteigenden haben 60°—70°, für den aufsteigenden 50° bis 60° ergeben.

Das Vorhandensein der Jp-Zacke erklärt Einthoven (9) dahin, daß bald nach J wieder die Kontraktion derjenigen Herzteile, die der linken Kammer und dem Apex näherliegen, die Oberhand gewinnen. Weiter zeigt nach ihm (8) eine Vergrößerung der Jp-Zacke an, daß die Wirkung der linken Kammer mehr zugenommen hat als die der rechten.

Nach Ablauf der Ventrikelinitialgruppe verläuft die Stromkurve im allgemeinen wieder ein kurzes Stück horizontal. Diese Strecke J—F tritt bei den meisten Kurvenbildern nicht klar in Erscheinung, und wenn sie schon vorhanden ist, so geht sie allmählich ansteigend in den Schenkel der Finalschwankung über. Sie kann eine Dauer von 0,04—0,08 sec. haben. Über diesen Ruhezustand des Galvanometers zwischen dem System der Spitzen Ja, J, Jp und Spitze F sagt Einthoven (8) aus, daß dieser auf einen Kontraktionszustand hinweise, an dem die ganze Muskelmasse der beiden Herzkammern sich gleichmäßig beteiligt.

Die F-Zacke erreicht in meinen Stromkurvenbildern nahezu immer dieselbe Höhe wie A. Die Spannungsdifferenz bemißt sich auf 2,0—3,0 mm = 0,1—0,15 Millivolt. Ihr aufsteigender Schenkel mit einem Winkel von 25°—40° ist immer flacher wie der abfallende mit 40°—50°. Der Ablauf der Zacke F schwankt innerhalb weiter Grenzen, da die Anfangs- und Endpunkte nicht immer scharf getrennt sind. Ich konnte eine Ablaufsdauer von 3—5 mm = 0,06—0,1 sec. feststellen. —

Nach Weber (41) entsteht F dadurch, daß die Basis länger negativ bleibt als die Spitze, und Kahn (19) ist der Ansicht, daß F in die Austreibungszeit des Ventrikels fällt und daß wir in ihr eine Resultierende aus einer Anzahl von Komponenten zu erblicken hätten. Hoffmann (13) fand heraus, daß die Kontraktionswelle nach Ablauf der Reizwelle einsetzt, und nur ein Teil der letzteren tritt als eigentliche Welle bei F auf. Er sieht im Elektrokardiogramm eine Kurve der Erregbarkeit des Herzens plus dem Ende einer Kontraktionskurve, welche durch F hervorgerufen werden soll. In einer Arbeit schreibt Clement (5), daß schon lange beobachtet wurde, daß F im Elektrokardiogramm zu den variabelsten Bestandteilen gehört. Größe und Richtung sind von den verschiedensten Faktoren abhängig. Der Prozeß, welcher der F-Zacke zugrunde liegt, spielt sich nach den Versuchen mit der Differentialelektrode an jedem Teil des Herzmuskels ab, soweit eben überhaupt eine F-Zacke auftritt.

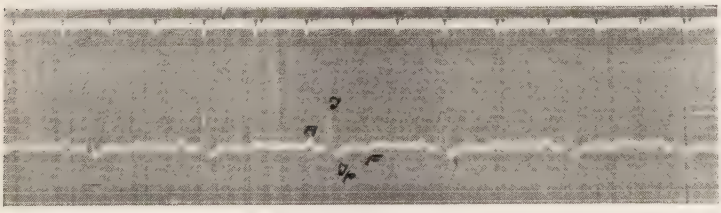

Abb. 8.
Elektrokardiogramm der Katze mit negativer F-Zacke.
Geschwindigkeit 51 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Hier gebe ich das Elektrokardiogramm einer Katze mit negativer F-Zacke wieder, als deren Spannungsunterschied 1 mm = 0,05 Millivolt und 1,5 mm = 0,03 sec. Ablaufsdauer gemessen wurden. Auffallend ist bei negativer Finalschwan-

kung, daß die Strecke F—A in diesen Fällen besser ausgeprägt ist und an Größe zunimmt. Einthoven (9) erblickt den Grund des Negativwerdens von F darin, daß die Spitze länger kontrahiert bleibt als die Basis.

Als letzter Abschnitt der Herzperiode ist noch die Strecke F—A, welche die Herzpause und die isoelektrische Linie darstellt, zu betrachten. Die Dauer dieser Strecke ist ganz und gar abhängig von der Herzfrequenz und unterliegt in ein und demselben Elektrokardiogramm den allergrößten Schwankungen. Als Werte wurden bei der Katze 4—8 mm = 0,08—0,16 sec. gefunden. Manchmal verschwindet sie auch nahezu ganz. Ferner konnte ich die Beobachtung machen, daß mit Abnahme der Herzpause auch die J-Zacken periodisch an Höhe abnehmen, was sicher auf den Einfluß der Atmung zurückzuführen ist. — Die Herzpause betrachtet Kahn (20) als den Ausdruck eines mehrfach sich gegenseitig kompensierenden Geschehens. Weiter stellt er fest, daß die Austreibung des Blutes ihren elektrischen Ausdruck neben der Spitze F in der Pause findet. Der zeitliche Ablauf der einzelnen Strecken im Elektrokardiogramm der Katze bei einer Herzfrequenz von 130—180:

A	Überleit.-Zeit	J	Jp	J—F	F	Herzpause
0,03—0,04	0,07—0,09	0,02—0,036	0,03—0,04	0,04—0,08	0,06—0,1	0,08—0,16

Zeit in Sekunden.

2. Das Elektrokardiogramm des Kaninchens.

Was es im allgemeinen über die Form des Elektrokardiogramms und der einzelnen Zacken, sowie über ihre Entstehungsursache zu sagen gab, wurde schon beim Elektrokardiogramm der Katze angeführt, und deshalb soll bei den folgenden Tieren nur noch das Besondere hervorgehoben werden.

Da das Kaninchen schon von jeher als Versuchstier eine besondere Rolle bei der Erforschung der Lebensvorgänge gespielt hat, so wurden von ihm schon frühzeitig die Herzaktionsströme abgeleitet und zwar von Waller (39). Ferner hat Belouss (1) die Herzaktionsströme vom Kaninchen registriert. Die beiden Elektroden wurden auf die ra-

sierte Bauchhaut aufgesetzt. Die Ergebnisse waren jedoch nicht ganz klar, denn die unbetäubten Tiere waren sehr unruhig, und die Stromstärke schwankte deshalb fortwährend. Bei direkter und indirekter Ableitung haben Boden und Neukirch (2) das Elektrokardiogramm des Kaninchenherzens näher beschrieben und sie erhielten dabei Kurven, mit welchen die meinigen im wesentlichen übereinstimmen. Auch Straub (36) hat sich mit dem Kaninchen-Elektrokardiogramm beschäftigt, und er nahm die Ableitung, wie bei Katzen, an narkotisierten Tieren vor. Kraus, Nikolai und Meyer (22) führten zur Ableitung des Kaninchen-Elektrokardiogramms die Elektroden in Ösophagus und Anus ein und dort blieben sie während der Versuche fixiert.

Bei meinen Versuchen erwiesen sich die Kaninchen am ruhigsten von allen Tieren zur Aufnahme von Elektrokardiogrammen. Nachdem die Nadeln eingestochen waren, blieben sie meistens auffallend ruhig sitzen, und wenn man sie in ihrem Käfig ließ, gelang es sogar, ohne fremde Hilfe Aufnahmen zu machen. Es wurden Elektrokardiogramme von 14 Tieren gewonnen

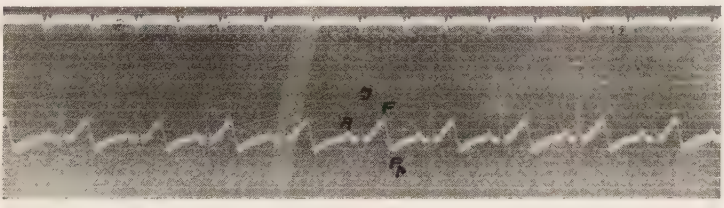

Abb. 9.
Elektrokardiogramm des Kaninchens.
Geschwindigkeit 47 mm/sec.

Sofort ins Auge fallend sind hier ebenfalls die 3 positiven Zacken A, J, F, wodurch das Kaninchen-Elektrokardiogramm viel Ähnlichkeit gewinnt mit dem des Menschen und der Katze. Die Zacken sind meist gut und typisch ausgeprägt. Es konnten 150—190 Herzschläge elektrokardiographisch als Herzfrequenz festgestellt werden.

Es entspricht 1 mm Abszisse = 0,021 sec.
Auf der Ordinate sind 2 mm = 0,1 Millivolt.
Die Ablaufsdauer einer Herzperiode = 0,336 sec.

Die kleine, positive Atriumschwankung mit ihrem aufsteigenden Schenkel von 50° bis 60° und einem abfallenden von 60° bis 70° verläuft in einer Zeit von 1,5 bis 2 mm = 0,032 bis 0,042 sec. Sie ist auf allen Kurvenbildern eingipflig und ihre Spannungsdifferenz beträgt 2—3 mm = 0,1—0,15 Millivolt.

Die sehr kurze, horizontal verlaufende Strecke A—J hat eine Ablaufsdauer von 1,0—1,5 mm = 0,021—0,032 sec. Die Überleitungszeit (As—Vs) berechnet sich also beim Kaninchen auf 0,053—0,074 sec.

Nach Ablauf von A—J folgt die sehr spitze und rasch verlaufende J-Zacke. Sie steigt fast senkrecht empor (86° bis 87°) und sinkt ebenso schnell wieder ab (83° bis 85°). Für ihren zeitlichen Ablauf wurden gemessen 0,7—0,9 mm = 0,015—0,019 sec. und ihr Ausschlag erzielt 7—8 mm = 0,35—0,4 Millivolt. Nicht selten geht der absteigende Schenkel von J über die isoelektrische Linie hinab und bildet dadurch eine kleine, negative Jp-Zacke, deren Ablaufsdauer mit 0,3 mm = 0,006 sec. und deren Spannungsdifferenz mit 0,075 bis 0,1 Millivolt angegeben werden kann.

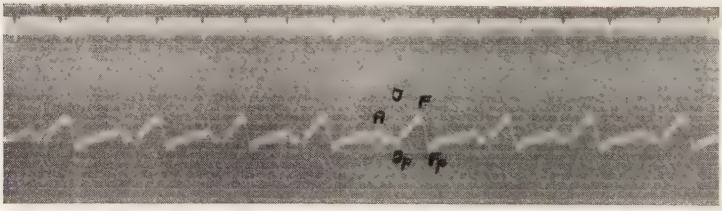

Abb. 10.
Elektrokardiogramm des Kaninchens mil Jp-Zacke.
Geschwindigkeit 48 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Von einer Strecke J—F ist im Elektrokardiogramm des Kaninchens nichts vorhanden, sondern die Finalzacke F geht direkt aus dem absteigenden Schenkel der J-Zacke bzw. aus dem aufsteigenden Schenkel der Jp-Zacke hervor. Die F-Zacke ist beim Kaninchen immer positiv gefunden worden, eingipflig und diphasisch, in Form einer negativen Zacke Fp. Die Finalschwankung des Kaninchenherzens ist sehr markant ausgebildet, auffallend hoch und breit, so daß sie dem Elektrokardiogramm ein besonderes Gepräge gibt. Mit einem

Winkel von 50°—55° steigt sie an und schließt mit ihrem fallenden Schenkel einen Winkel von 75°—80° ein, welcher über die isoelektrische Linie hinabreicht, um dadurch eine negative Fp-Zacke entstehen zu lassen. Die Ablaufszeit der F-Zacke beträgt 4,5—5,5 mm = 0,095—0,11 sec. und ihre Spannungsdifferenz 0,22—0,27 Millivolt.

Der nach unten gehende Schenkel der negativen Fp-Zacke verläuft ziemlich steil (75°—80°), während der nach oben gehende viel flacher ist (30°—35°) und allmählich ohne scharfe Grenze in die Herzpause F—A übergeht. Die Fp-Zacke hat eine Dauer von 2—3 mm = 0,042—0,063 sec. und ihr Potentialunterschied ergibt 2,5—3 mm = 0,12—0,15 Millivolt.

Aus dem ansteigenden Schenkel der Fp-Zacke geht langsam aufwärtsstrebend die Strecke F—A (Herzpause) hervor.

Bei einer Herzfrequenz von 150—190 werden folgende Ablaufszeiten benötigt:

A	Überl.-Zeit	J	Jp	F	Fp
0,032 —0,042	0,053 —0,074	0,015 —0,019	0,006	0,095 —0,11	0,042 —0,063

Zeit in Sekunden

Boden und Neukirch (2) beschreiben das Elektrokardiogramm des Kaninchens bei Ableitung II und führen aus, daß man die spitze Vorhofzacke A, dann die Hauptschwankung mit sichtbarer Jp-Zacke und die folgende hohe Nachschwankung F deutlich erkennen kann. Dazu geben sie eine Abbildung (Fig. 5). Sodann gibt auch Straub (36) ein normales Elektrokardiogramm des Kaninchens auf Tafel V, Fig. 12 wieder, worin die Zacken A, J, F meist gut und typisch ausgeprägt sind. Die Zacke J ist auch bei ihm meist nicht so hoch wie bei anderen Tieren, was mit der Frequenz zusammenhängt.

3. Das Elektrokardiogramm des Meerschweinchens.

Obwohl das Meerschweinchen heute als Laboratoriumstier noch mehr Verwendung findet als Katze und Kaninchen, ist dieses Tier zu elektrokardiographischen Forschungen nur

selten herangezogen worden. Eine eingehende Beschreibung des normalen Meerschweinchen-Elektrokardiogramms konnte ich in der Literatur nicht finden. Belouss (1) hat genau wie bei Katzen die beiden Elektroden auf die rasierte Bauchhaut gesetzt. Doch konnten seine Ergebnisse nicht befriedigen, denn die unbetäubten Tiere zeigten große Unruhe. Hansen und Rech (11) leiteten die Herzaktionsströme vom Meerschweinchen mittels Nadelelektroden von den vorderen Extremitäten ab. Buchanan (4) gewann mit Hilfe des Elektrokardiogramms die Herzfrequenz beim Meerschweinchen und gibt 132—288 Herzschläge in der Minute an.

Die Aufnahmen wurden an 14 Tieren vorgenommen, wozu natürlich immer eine Hilfsperson nötig war, da die Meerschweinchen ja äußerst beweglich sind. Etwas störend wirkt die sehr zähe Haut dieser Tiere, welche nicht ganz leicht zu durchstechen ist. Aber diese kleinen Mängel werden alle aufgehoben durch das exakte Bild der Herzstromkurven, welche bei allen Tieren sowohl in der Form wie im Verlauf sehr regelmäßig sind. Die einzelnen Zacken sind so scharf gezeichnet, daß ich das Meerschweinchen unter den Laboratoriumstieren für elektrokardiographische Versuche für das bestgeeignete halte.

Abb. 11.
Das Elektrokardiogramm des Meerschweinchens.
Geschwindigkeit 49 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Das Elektrokardiogramm des Meerschweinchens mit seinen 3 positiven Zacken A, J, F ist in seiner Form dem des Menschen wohl am ähnlichsten. Es wurden 156—240 Herzschläge pro Minute festgestellt.

1 mm auf der Abszisse = 0,02 sec.
2 mm auf der Ordinate = 0,1 Millivolt.

Eine Herzperiode verläuft durchschnittlich in 0,30 sec. Die 2,5—3 mm hohe A-Zacke entspricht einem Wert von

0,12—0,15 Millivolt. Innerhalb eines Zeitraumes von 1—2 mm = 0,02—0,04 sec. ist die ganze Erscheinung abgelaufen. Die Zacke erhebt sich aus der Null-Linie unter 54°—60°, bildet einen spitzen Winkel und fällt unter 50°—60° wieder ab.

Die Strecke vom Ende der A-Zacke bis zum Beginn der J-Zacke bewegt sich stets nahe der Null-Linie, hier sogar etwas unter ihr, was ein Zeichen ist, daß auch zu dieser Zeit noch geringe Spannungsdifferenzen im Herzen vorhanden sind. Sie nimmt eine Zeit von 1,5—2 mm = 0,03—0,04 sec. ein. Es errechnet sich also die Überleitungszeit (vom Beginn der A-Zacke bis zum Beginn der J-Zacke) auf 0,05—0,08 sec.

Die Ventrikelinitialzacke J zeigt in ihrer Höhe etwas mehr Schwankungen als A und hat eine Spannungsdifferenz von 9—12 mm = 0,45—0,6 Millivolt. Fast senkrecht (98°—99°) steigt die spitze J-Zacke empor und ihr abfallender Schenkel verläuft unter 84°—85°. Ihre Ablaufszeit ist sehr kurz und wurde bestimmt mit 0,8—1,3 mm = 0,016—0,026 sec. Eine winzige Ja-Zacke ist manchmal vorhanden, die aber wegen ihrer außerordentlichen Kleinheit für die Messung nicht in Frage kommt.

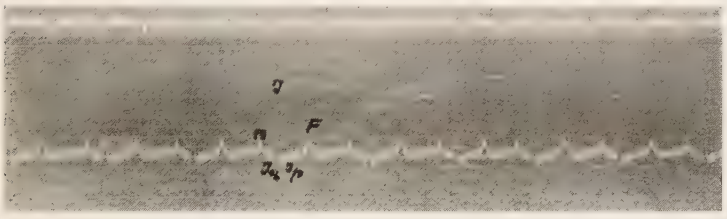

Abb. 12.
Elektrokardiogramm des Meerschweinchens mit Ja-Zacke.
Geschwindigkeit 45 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Dagegen ist eine negative Jp-Zacke immer deutlich ausgebildet. Sie beansprucht eine Zeit von 1—2 mm = 0,02 bis 0,04 sec. und ihr Ausschlag macht 1,5—1,8 mm = 0,07—0,09 Millivolt aus.

Nach Ablauf von Jp geht die Kurve entweder schräg nach oben in F über oder verläuft nur ein ganz kurzes Stück horizontal, dessen Dauer mit 1—2 mm = 0,02—0,04 sec. angegeben werden kann.

Die F-Zacke ist stets positiv und variiert auch hier etwas. Sie besitzt einen aufsteigenden Schenkel von 45°—60° und

einen abfallenden von 60°—70°. Sie ist immer eingipflig und monophasisch. Zu ihrem Ablauf benötigt sie 2—3 mm = 0,04—0,06 sec. Die Höhe entspricht einer Potentialdifferenz von 2,5—3,5 mm = 0,12—0,17 Millivolt. Eine Fp-Zacke ist nicht vorhanden.

Die nun folgende Herzpause ist bestimmt durch die Herzfrequenz; bei einer Herzfrequenz von 156—240 Schlägen bestehen für das Meerschweinchen folgende Ablaufszeiten:

A	Üb.-Zeit As—Vs	J	Jp	J—F	F
0 02—0,04	0,05—0,08	0,016—0,026	0,02—0,04	0,02—0,04	0,04—0,06

4. Das Elektrokardiogramm der Ratte.

Eine nähere Beschreibung des Rattenelektrokardiogramms konnte ich in der Literatur nicht vorfinden. Es hat nur Buchanan (4), genau wie sie es bei Meerschweinchen tat, die Minutenschlagzahl des Rattenherzens elektrokardiographisch bestimmt und gibt eine Frequenz von 520—780 an.

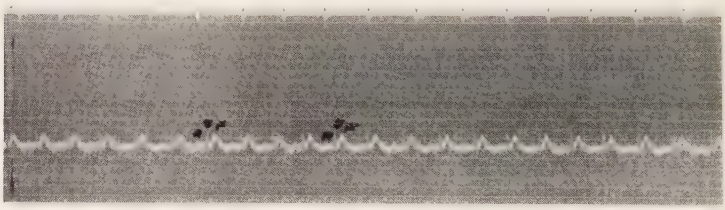

Abb. 13.
Das Elektrokardiogramm der Ratte.
Geschwindigkeit 46 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Die Aufnahmen wurden an 12 Ratten vorgenommen. Es gelang auch von diesen Tieren ein typisches Stromkurvenbild zu gewinnen. Die Ratten wurden in der schon beschriebenen Weise von einem Diener gehalten und mit der Aufnahme wurde erst begonnen, wenn die Tiere sich beruhigt hatten. Wegen der hohen Frequenz ist wohl eine Abnahme der Zackenhöhen und damit ihrer Spannungsdifferenzen zu bemerken, aber nirgends tritt eine Superposition von Zacken auf, sondern die 3 positiven Zacken A, J, F sind deutlich von einander abgesetzt.

Es ergab sich bei meinen Messungen eine Herzfrequenz von 380—520. Die ganze Herzperiode hat durchschnittlich eine Ablaufsdauer von 0,13 sec.

1 mm auf der Abszisse = 0,022 sec.
2 mm auf der Ordinate = 0,1 Millivolt.

Die positive A-Zacke bildet einen spitzen Gipfel, dessen beide Schenkel einen gemeinsamen Winkel von 21°—27° einschließen. Sie ist 1—1,5 mm hoch und hat demnach eine Potentialdifferenz von 0,05—0,07 Millivolt. Zu ihrem Ablauf braucht die Vorhofschwankung 0,5—0,8 mm = 0,011 bis 0,016 sec.

Vom Ende der A-Zacke bis zum Beginn der J-Zacke verstreicht eine Zeit von 1,0—1,3 mm = 0,022—0,028 sec. Demnach ergibt sich für die Dauer der Überleitungszeit ein Wert von 0,033—0,044 sec.

Die sich anschließende positive J-Zacke, welche einen Scheitelwinkel von 14°—18° besitzt, ist monophasisch. Ihre Ablaufszeit bemißt sich auf 0,5—0,9 mm=0,011—0,019 sec., während die Spannungsdifferenz 3,5—4,0 mm = 0,17—0,2 Millivolt beträgt. Eine Ja- oder Jp-Zacke trat nicht in Erscheinung.

Unmittelbar an die Initialschwankung reiht sich ohne Pause die Finalschwankung F an, welche auch im Elektrokardiogramm der Ratte den breitesten Raum einnimmt. Die Zacke F bildet einen Scheitelwinkel von 55°—65°, und sie spielt sich in einem Zeitraum von 2,3—3 mm = 0,051 bis 0,066 sec. ab. Die Höhe schwankt auch bei der Ratte, und der Ausschlag der Saite erreicht eine Höhe von 2,5—3,8 mm = 0,12—0,19 Millivolt.

Die Herzpause F—A ist nicht deutlich abgegrenzt, sondern zieht meistens in einem kleinen Bogen von F nach A hinüber.

Bei einer Herzfrequenz von 380—520 ließen sich folgende Ablaufswerte feststellen:

A	As—Vs	J	F
0,011—0,016	0,033—0,044	0,011—0,019	0,051—0,066

5. Das Elektrokardiogramm der Maus.

Ebenso wie bei der Ratte sind eingehende Untersuchungen über das Elektrokardiogramm der Maus noch nicht gemacht worden. Im wesentlichen gleicht das Stromkurvenbild der Maus demjenigen von Katze, Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte. Es besteht nämlich auch aus den 3 Zacken A, J und F. Allerdings tritt hier eine negative Finalzacke öfters in Erscheinung als es bisher beobachtet wurde. Die F-Zacke kann aber auch der J-Zacke superponiert sein und zwar verschmilzt sie dann mit deren absteigendem Schenkel, wodurch dieser in seinem unteren Teil sehr verbreitert wird. In solchen Fällen ist die Zacke F nur schwer abzugrenzen.

Aus den Stromkurvenbildern konnte eine Herzfrequenz von 630—705 pro Minute ermittelt werden. Der zeitliche Ablauf einer Herzperiode dauert 0,084—0,095 sec. Zu den Aufnahmen dienten 16 Versuchstiere.

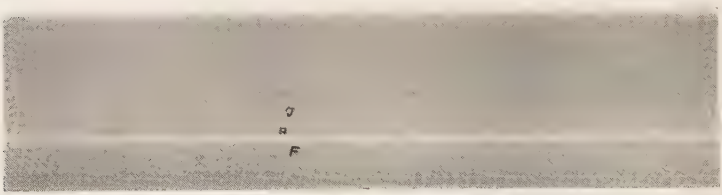

Abb. 14.
Elektrokardiogramm der Maus mit negativer F-Zacke.
Geschwindigkeit 47 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Abb. 15.
Elektrokardiogramm der Maus mit positiver F-Zacke.
Geschwindigkeit 47 mm/sec. Zeit 1/5 sec.

Die Vorhofzacke A ist eine positive Schwankung und unter den vorhandenen Zacken die kleinste. Die Ablaufszeit hat einen Wert von 0,3—0,5 mm = 0,006—0,01 sec. Der

Scheitelwinkel der Zacke hat 23°—25° und die Potentialdifferenz beträgt 1,0—1,5 mm = 0,05—0,07 Millivolt.

Auch die kleine Strecke zwischen A und J kann unterschieden werden und verläuft innerhalb 0,5—0,8 mm = 0,01 bis 0,016 sec. Für die Überleitungszeit summiert sich ein Wert von 0,016—0,026 sec.

Die folgende J-Zacke ist immer positiv und verläuft sehr rasch, innerhalb 0,5—0,8 mm = 0,01—0,016 sec. Die steilen Schenkel bilden einen Winkel von 8—18° am Gipfel. Die Höhe der J-Zacke schwankt zwischen 5—6 mm = 0,25 bis 0,3 Millivolt.

Im Anschluß an die Zacke J folgt die variable F-Zacke, welche bald positiv und bald negativ sein kann. Sie spielt sich innerhalb 1,0—1,5 mm = 0,02—0,03 sec. ab und braucht damit die längste Zeit. Ihre Höhe beträgt nach der positiven wie nach der negativen Seite 1,5—2,0 mm = 0,07 bis 0,1 Millivolt, und sie schließt ungefähr einen Winkel von 30° ein.

Den Abschluß der Herzperiode bildet die mehr oder weniger horizontale Herzpause.

Die Ablaufszeiten haben bei einer Herzfrequenz von 630 bis 705 Schlägen folgende Werte:

A	As—Vs	J	F
0,006—0,01	0,016—0,026	0,01—0,016	0,02—0,03

E. Zusammenfassung.

Von 74 kleinen Laboratoriumstieren (Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte und Maus) werden mit Hilfe von Nadelelektroden Elektrokardiogramme gewonnen. Die Aufnahmen werden nur an unbetäubten Tieren und unter möglichster Vermeidung von Zwangsmitteln vorgenommen.

Die Nadelelektroden erweisen sich auch bei diesen kleinen Tieren als sehr zweckmäßig. Durch ihre Verwendung werden Aktionsströme von Muskelbewegungen, welche die Ausschläge der Saite erheblich beeinflussen würden, ausgeschaltet. Außerdem wird der Einfluß des Hautwiderstandes umgangen.

Zur Ermittlung der anatomischen Herzachse und damit zugleich der günstigsten Ableitungspunkte werden Gipsinjektionen in die Blutbahn gemacht. Das Herz mit seinen Gefäßstämmen wird dadurch in ein nahezu starres System verwandelt. Dies bedingt eine möglichst natürliche Lage dieses Organs. Die Schnittpunkte der Herzachse mit der Körperoberfläche werden festgestellt. Am lebenden Tier wird sodann nachgeprüft, ob die gefundenen Stellen den optimalen Ableitungspunkten tatsächlich entsprechen.

Die Ableitungsstelle für das Basispotential liegt bei allen untersuchten Tieren in der Regio praescapularis dextra dicht am Rand des Schulterblattknorpels. Eine Ausnahme bildet nur die Maus, wo sich die Ableitungsstelle rechts direkt vor dem Schultergelenk befindet. Für das Spitzenpotential ist die Regio apicis der beste Ableitungsort.

Die für die einzelnen Tierarten typischen Elektrokardiogramme werden sowohl nach ihrer Form als auch in ihrem zeitlichen Verlauf beschrieben und ausgewertet. Bei gleicher Ableitung sind die gewonnenen Elektrokardiogramme der kleinen Laboratoriumstiere in ihrer allgemeinen Form einander sehr ähnlich und haben in ihrer Gesamtheit viel Ähnlichkeit mit solchen vom Menschen.

Die Atriumschwankung A ist bei den untersuchten Tieren immer rein positiv und eingipflig. Die Strecke A—J bewegt sich stets nahe der Null-Linie, aber für gewöhnlich etwas unter ihr. Gegen J hin steigt sie meistens allmählich an. Die folgende, positive Initialschwankung J übertrifft alle Zacken erheblich an Größe. Beim Meerschweinchen ist manchmal eine winzige Ja-Zacke angedeutet, dagegen findet man bei Katze, Kaninchen und Meerschweinchen immer eine kleine, negative Jp-Zacke. Eine gerade Linie zwischen J und F ist nur bei Katze und Meerschweinchen vorhanden, und sie verläuft entweder nur ein kurzes Stück horizontal oder geht schräg nach oben ansteigend in den aufsteigenden Schenkel von F über. Die Finalschwankung F ist bei Katze, Meerschweinchen, Ratte und Maus stets monophasisch. Bei Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte ist die Kammer-Nachschwankung F stets positiv, dagegen bei der Katze in 25 % und bei der Maus in 50 % der Fälle negativ. Beim Kaninchen folgt der Finalschwankung noch eine kleine, negative Fp-Zacke, wodurch die Finalschwankung ein diphasisches

Aussehen erhält. Die der Herzpause entsprechende Linie entspricht in ihrer Dauer natürlich der Herzfrequenz der einzelnen Tiere und zieht meist etwas nach unten gebogen von F nach A hinüber.

Die Herzschlagfrequenz bei ein und demselben Individuum unterliegt erheblichen Schwankungen, je nach den bestehenden Bedingungen. Es ist daher notwendig, daß bei Untersuchungen über die Herzfrequenz verschiedener Tierklassen darauf geachtet wird, daß die Werte unter vergleichbaren Bedingungen erhalten worden sind. Rihl (Frequenz des Herzschlages, in Bethes Handbuch der Normalen und Pathologischen Physiologie, Bd. VII/1) gibt in seiner Arbeit folgende Zahlen an:

Katze:	120—140	Herzschläge	pro	Minute
Kaninchen:	120—150	„	„	„
Meerschweinchen:	132—288	„	„	„
Maus:	520—780	„	„	„

Aus den gewonnenen Elektrokardiogrammen der Laboratoriumstiere gehen in meinen Versuchen folgende Werte für die Herzfrequenz hervor:

Katze:	130—180	Herzschläge	pro	Minute
Kaninchen:	150—180	„	„	„
Meerschweinchen:	160—240	„	„	„
Ratte:	380—520	„	„	„
Maus:	630—705	„	„	„

Wie daraus zu ersehen ist, weichen die von mir gefundenen Werte von den von Rihl angegebenen mehr oder weniger ab. Es kann dies möglicherweise mit dem Einstechen der Nadeln zusammenhängen, obwohl ja immer die vollständige, äußere Beruhigung der Tiere vor den Aufnahmen abgewartet wurde.

Die Herzaktionsströme von Katze, Kaninchen und Meerschweinchen sind von verschiedenen Forschern bereits registriert worden. Jedoch konnte ich eine Beschreibung der Elektrokardiogramme von Ratte und Maus in der Literatur nicht vorfinden.

Zu den unten angegebenen Werten kam ich in der Weise, daß jeweils aus den vorgenommenen Messungen von fünf Herzperioden einer Kurve die Durchschnittswerte errechnet wurden. Dadurch, daß die Ausschläge der Saite nicht immer

scharf einsetzten, werden die diesbezüglichen Messungen erschwert.

Zusammenstellung der Ablaufszeiten der einzelnen Phasen nach Tierarten, und das Verhältnis der Durchschnittswerte für die Zackenhöhen. Zeit in Sekunden.

Tierart	A	As—Vs	J	Jp	J—F	F	Fp	A : J : F
Katze . . .	0,03 0,04	0,07 —0,09	0,02 —0,036	0,03 -0,04	0,04 —0,08	0,06 —0,1	—	1 : 3 : 1
Kaninchen .	0,03 -0,042	0,053 —0,074	0,015 —0,019	0,006	—	0,095 —0,11	0,042 -0,063	1 : 4,4 : 2,6
Meerschweinchen	0,02 —0,04	0,05 —0,08	0,016 —0,026	0,02 -0,04	0,02 —0,04	0,04 -0,06	—	1 : 4,2 : 3
Ratte . . .	0,011 -0,016	0,033 —0,044	0,011 —0,019	—	—	0,051 —0,066	—	1 : 3 : 2,6
Maus . . .	0,006 0,01	0,016 —0,026	0 01 —0,016	—	—	0,02 —0,03	—	1 : 4,6 : 1,4

Endlich möchte ich noch Überleitungszeit, systolische Periode und Dauer einer Herzperiode bei den Laboratoriumstieren einander gegenüberstellen. Unter Überleitungszeit versteht man die Zeit vom Beginn der Vorhofzacke bis zum Anfang der Initialschwankung, unter systolischer Periode jene vom Beginn der Initialschwankung bis zum Ende der Nachschwankung. Dabei werden die Durchschnittswerte verwendet. Zeit in Sekunden.

Tierart	Überleitg.-Zeit	Systol. Periode	Überleitg.: Systol. Periode	Herzperiode
Katze	0,08	0,203	1 : 2,5	0,38
Kaninchen . .	0,064	0,177	1 : 2,7	0,34
Meerschweinch.	0,065	0,131	1 : 2,0	0,30
Ratte	0,038	0,093	1 : 2,4	0,13
Maus	0,021	0,038	1 : 1,8	0,09

Auffallend in dieser Zusammenstellung ist die Tatsache, daß trotz abnehmender Dauer der Herzperiode die Überleitungszeit beim Meerschweinchen größer ist als beim Kaninchen. Es ist auch weiterhin zu beachten, daß das Verhält-

nis von Überleitungszeit zur systolischen Periode beim Kaninchen größer ist als bei der Katze und bei der Ratte größer als beim Meerschweinchen.

Am Ende meiner Arbeit erlaube ich mir, meinem hochverehrten Lehrer, dem Direktor der Medizinischen Tierklinik, Herrn Universitätsprofessor Dr. Nörr, für die Anregung und für die freundliche Beihilfe zu vorliegender Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Schrifttum.

1. Belouss E.: Untersuchungen über den Einfluß von Elektrolyten auf die elektrische Leitfähigkeit und die Polarisation der tierischen Haut. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 162.
2. Boden E. und Neukirch P.: Elektrokardiographische Studien am isolierten Säugetier- und Menschenherzen bei direkter und indirekter Ableitung. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 171.
3. Böttcher und Straub: Über die klinische Verwertbarkeit von Nadelelektroden bei der Elektrokardiographie. Klin. Wochenschr., Jahrg. 2, Nr. 29, 1923.
4. Buchanan F.: Journ. of physiol. Bd. 37, 40, 42.
5. Clement E.: Neue Methode zur Untersuchung der Ableitung des Erregungsvorganges im Herzen. Zeitschr. f. Biolog. Bd. 58. H. 3/4, 1912.
6. Dressler: Klinische Elektrokardiographie. Verlag Urban & Schwarzenberg, Berlin, Wien, 1930.
7. Edelmann und Sohn: Mitteilungen N. R. 14 aus dem Physikal.-mechan. Institut.
8. Einthoven: Weiteres über das Elektrokardiogramm. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 122.
9. Einthoven: Über die Deutung des Elektrokardiogramms. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 149
10. Einthoven: Die Konstruktion des Saitengalvanometers. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 79.
11. Hansen K. und Rech W.: Über humorale Herznervenwirkung. Aus der mediz. Klinik u. Frauenklinik Heidelberg. Zeitschr. f. Biol. Bd. 92, 3. H.
12. Haupt K.: Die Aufnahmetechnik des Hundeelektrokardiogramms in der Veterinärmedizin und ihre Ergebnisse. Dissertation, Gießen 1929.
13. Hoffmann Aug.: Zur Deutung des Elektrokardiogramms. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 133.
14. Kahn R. H.: Das Elektrokardiogramm. Erg. d. Physiol. 1914. Bd. 14.
15. Kahn R. H.: Das Pferde-Elektrokardiogramm. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 154.
16. Kahn R. H.: Das Vogel-Elektrokardiogramm. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 162.
17. Kahn R. H.: Die Aktionsströme des Herzens der Haustiere. Tierärztl. Arch., Jahrg. 1, H. 9, 1921.
18. Kahn R. H.: Elektrokardiogrammstudien. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 140.
19. Kahn R. H.: Beiträge zur Kenntnis des Elektrokardiogramms. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 126.
20. Kahn R. H.: Weitere Beiträge zur Kenntnis des Elektrokardiogramms. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 129.
21. Konradt: Aufnahme und Form des Elektrokardiogramms von Huhn und Taube. Diss. Gießen 1929.

22. Kraus F., Nikolai G. F. und Meyer F.: Prinzipielles und Experimentelles über die Elektrokard. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 155.
23. Lautenschlager: Grundlagen der Aufnahmetechnik des Elektrokardiogramms vom Pferd und Rind und ihre Ergebnisse. Diss. Gießen 1928.
24. Lootz: Jahresbericht Ellenberger und Schütz 46/I.
25. Martin: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. IV, 1913.
26. Mosler E. und Sachs H.: Zur Ableitung des Elektrokardiogramms mit Nadelelektroden. Klin. Wochenschr., Jahrg. 4, Nr. 32, 1925.
27. Nörr J.: Das Elektrokardiogramm des Pferdes. Seine Aufnahme und Form. Zeitschr. f. Biol. Bd. 61, H. 4 u. 5, 1913.
28. Nörr J.: Über Herzstromkurvenaufnahmen an Haustieren. Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilk. Bd. 48, H. 2.
29. Nörr J.: Herz- und Pulsarrhythmien. Stang-Wirt, Tierheilk. u. Tierzucht Bd. 5.
30. Nörr J.: Das sog. Reizleitungssystem im Herzen und seine Beziehungen zu kardialen Funktionsstörungen. B. T. W., Jahrgang 40, Nr. 31, 1924.
31. Robinson G. und Auer J.: Anaphylaktische Herzstörung beim Hund. Zentralbl. f. Physiolog. Bd. 27, 1913.
32. Rothberger J. und Winterberg H.: Über die Beziehungen der Herznerven zur Form des Elektrokardiogramms. Pflüg. Arch. 135, 506, 1910.
33. Samojloff A.: Weitere Beiträge zur Elektrophysiologie des Herzens. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 135.
34. Straub H.: Zur Analyse des Elektrokardiogramms. Zeitschr. f. Biologie, H. 9, 10, 11, Bd. 53.
35. Straub H.: Über einen vereinfachten Weg der Ableitung von Elektrokardiogrammen. Klin. Wochenschr., Jahrg. 1, Nr. 33, 1922.
36. Straub H.: Der Einfluß von Strophantin, Adrenalin und Muskarin auf die Form des Elektrokardiogramms. Zeitschr. f. Biol., H. 3 u. 4, Bd. 53, 1909.
37. Strohmaier: Das Elektrokardiogramm der kleinen Wiederkäuer. Seine Aufnahme und Form. Diss. Gießen 1929.
38. Verney E. B.: Über die Verwendung von Nadelelektroden in der Elektrokardiographie. Arch. f. wiss. Pathologie u. Pharmak. Bd. 104, H. 1 u. 2, 1924.
39. Waller Ag.: Altes und Neues über das Elektrokardiogramm. Arch. f. Anat. u. Phys., Jahrg. 1917.
40. Walper: Elektrokardiographische u. andere kardiographische Studien am Schaf. Diss. München 1932.
41. Weber: Die Elektrokardiographie und andere graphische Methoden in der Kreislaufdiagnostik. Verlag Jul. Springer, Berlin, 1926.

Lebenslauf.

Am 19. November 1907 wurde ich als Sohn des Metzgermeisters Andreas Schinzel und seiner Ehefrau Johanna, geb. Linhardt, zu Münchberg (Oberfranken) geboren. Von 1914 bis 1918 besuchte ich die dortige Volksschule und trat 1918 in die Oberrealschule Hof a. d. Saale über. Am 7. April 1927 erlangte ich das Reifezeugnis dieser Anstalt und immatrikulierte mich im Sommer-Semester 1927 an der Universität München als Studierender der Chemie. Nach dem ersten Semester wechselte ich mein Studienfach und ging im Winter-Semester 1927/28 zur Tierheilkunde über. Am Ende des Sommer-Semesters 1929 legte ich in München die tierärztliche Vorprüfung ab und blieb daselbst bis zum 6. Semester. Das 7. Semester belegte ich an der Tierärztlichen Hochschule zu Berlin. Im 8. Semester kehrte ich nach München zurück, wo ich mein Studium mit dem 9. Semester beendete. Am 13. Juli 1932 erlangte ich die Approbation als Tierarzt. Seitdem arbeitete ich an der Fertigstellung dieser Arbeit, die mich schon während meiner Studienzeit beschäftigte. Seit 1. Oktober 1932 bin ich als Praktikant für den Vorbereitungsdienst an der Veterinärpolizeilichen Anstalt in Schleißheim tätig.